Correction du TD d'application

I Transformations de tous les jours

Caractérisez les transformations thermodynamiques suivantes :

1) Vous placez dans un thermos du thé bouillant et de l'eau froide.

Réponse

Transformation adiabatique d'une phase condensée, isobare et isochore (et monotherme, mais inutile si pas d'échange de chaleur).

◇

2) Vous oubliez votre tasse de café dans la cuisine la journée.

Réponse

Transformation monotherme, isobare et isochore.

◇

II Travail reçu le long d'un chemin donné

Un système constitué de n moles de gaz parfait subit une transformation d'un état initial A ($P_1 = 4{,}0\,\text{bar}, V_1 = 10\,\text{L}, T_1 = 600\,\text{K}$) vers un état final B ($P_2 = 1{,}0\,\text{bar}, V_2 = 20\,\text{L}, T_2$).

1) Déterminer T_2.

Réponse

Le gaz étant parfait, $P_1V_1 = nRT_1$ et $P_2V_2 = nRT_2$

$$\Leftrightarrow n = \frac{P_1V_1}{RT_1} \quad \text{et} \quad \boxed{T_2 = \frac{P_2V_2}{P_1V_1}T_1}$$

$$\Rightarrow \underline{T_2 = 300\,\text{K}}$$

◇

2) Cette transformation est constituée de deux étapes : une transformation isobare de A vers C puis une transformation isochore de C vers B. Déterminer le travail $\mathcal{W}_p^{\text{AB}}$.

Réponse

$\mathcal{W}_p^{\text{AB}} = \mathcal{W}_p^{\text{AC}} + \mathcal{W}_p^{\text{CB}}$.

- ◇ $\mathcal{W}_p^{\text{CB}} = 0$ car isochore ;
- ◇ Si $A \to C$ quasi-statique, $\mathcal{W}_p^{\text{AC}} = -\int_A^C P\,\text{d}V$

  Comme $A \to C$ isobare, $P = P_1$ et $\mathcal{W}_p^{\text{AC}} = -P_1(V_2 - V_1)$

Ainsi, $\mathcal{W}_p^{\text{AB}} = \mathcal{W}_p^{\text{AC}} \Rightarrow \underline{\mathcal{W}_p^{\text{AB}} = -4{,}0\,\text{kJ}}$

◇

3) On considère un autre chemin : une transformation isochore de A vers D puis une transformation isobare de D vers B. Déterminer le travail $\mathcal{W}_p^{\text{AB}}$.

Réponse

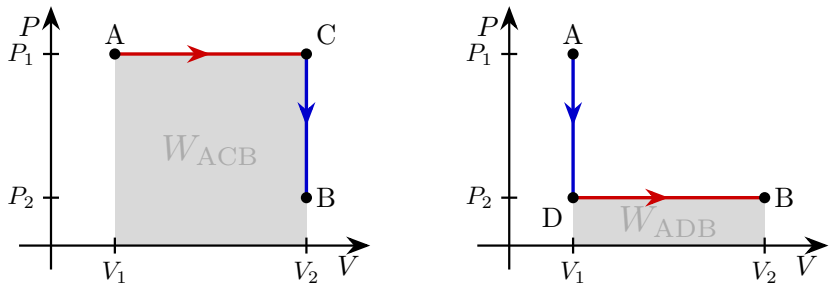
De même que précédemment, la transformation isochore a un travail nul, donc seule la transformation de D vers B travaille, et $\mathcal{W}_p^{\text{AB}} = \mathcal{W}_p^{\text{DB}}$. Seulement, la pression de l'isobare n'est plus la même, et on trouve

$$\mathcal{W}_p^{\text{AB}} = \mathcal{W}_p^{\text{DB}} = -P_2(V_2 - V_1) \Rightarrow \underline{\mathcal{W}_p^{\text{AB}} = -1{,}0\,\text{kJ}}$$

◇

4) Représenter ces deux transformations sur un schéma et retrouver graphiquement quelle transformation a le plus grand travail et le signe dudit travail.

Réponse



L'aire sous la courbe est en effet plus grande pour la transformation ACB. On voit que le signe est négatif puisque le **volume augmente** ($\mathrm{d}V > 0$).

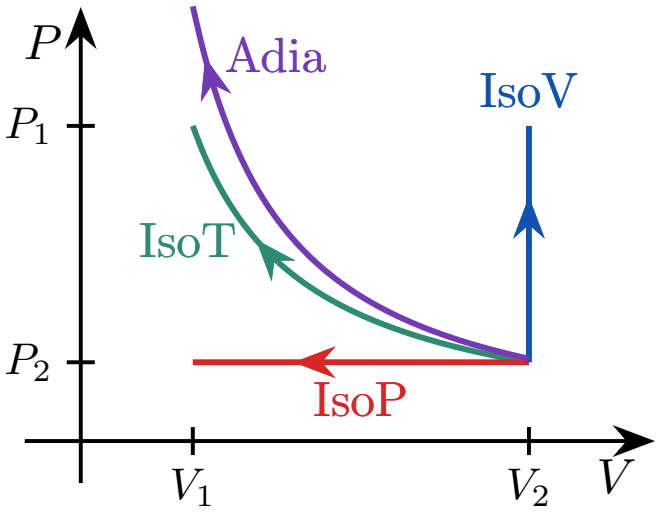
◇

III Diagramme de Watt

Considérons un système fermé qui subit une transformation d'un état d'équilibre initial (P_i, V_i) à un état d'équilibre final (P_f, V_f), de manière mécaniquement réversible.

1) Représenter les différentes transformations dans un diagramme de Watt (P,V) : isochore, isobare, isotherme d'un gaz parfait, adiabatique d'un gaz parfait, caractérisée par $PV^\gamma = \text{cte}$ avec $\gamma > 1$.

Réponse



◇

2) Faire le lien entre l'aire sous la courbe et le travail des forces de pression dans ce diagramme.

Réponse

$$\mathcal{A} = \int_{V_i}^{V_f} P\,\mathrm{d}v = -\left(-\int_{V_i}^{V_f} P\,\mathrm{d}V\right)$$

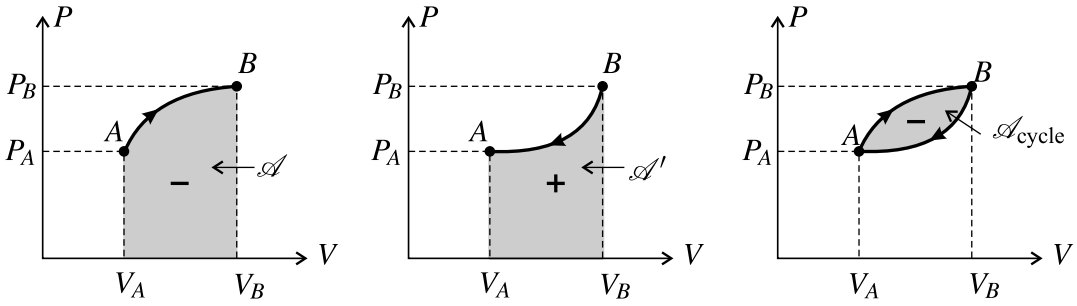
Or $P = P_{\text{ext}}$ pour quasi-statique $\qquad \boxed{\mathcal{A} = -\mathcal{W}_p}$

◇

3) Pour une transformation cyclique, faire le lien entre le sens de parcours du cycle et le signe du travail au cours d'un cycle.

Réponse

$\mathrm{d}V > 0 \Leftrightarrow \mathcal{W}_p < 0$ et inversement. Or, si le cycle est parcouru dans le **sens direct**, alors la transformation de $\mathrm{d}V > 0$ passe en-dessous de la transformation de $\mathrm{d}V < 0$; ainsi l'aire entourée correspond à un travail **positif**.


P
B
A
P_B
P_A
$\mathscr{A}$
−
V
V_A
V_B
P
B
A
P_B
P_A
$\mathscr{A}'$
+
V
V_A
V_B
P
B
A
P_B
P_A
−
$\mathscr{A}_{\text{cycle}}$
V
V_A
V_B

◇